ETUDE DES TRAINEES

Bup 769, 801 et 814.
On va mesurer dans ce TP la viscosité d'un fluide et des forces de trainée aérodynamiques..

1. Préparation :

On considère une bille de masse m, masse volumique ρ, rayon R tombant sans vitesse initiale sous l'action de la pesanteur dans un fluide de masse volumique ρ_f et de viscosité η.
En considérant le régime laminaire, montrer que la vitesse limite atteinte par la bille est :

$$\vec{v}_{lim} = \frac{2}{9}\frac{(\rho - \rho_f)R^2\vec{g}}{\eta}$$

A quelle condition la bille tombe-t-elle dans le fluide ?

Montrer que le temps caractéristique d'évolution de la vitesse est $\tau = \frac{2}{9}\frac{\rho R^2}{\eta}$.

2. Mesure d'un coefficient de viscosité (1 heure) :

2.1. Manipulation :

On dispose d'une éprouvette remplie de glycérine de masse volumique ρ_f = 1260 kg.m^{-3}, et de billes d'acier de différents rayons. Mesurer à l'aide du palmer ces rayons.
Mesurer la température de la glycérine.
Placer les cellules du compteur Leybold autour de l'éprouvette, dans sa partie basse, et mesurer la distance séparant les deux cellules.
La programmation du chronomètre est expliquée sur le mode d'emploi du compteur Leybold.
Lacher une bille au voisinage du centre de l'éprouvette.
Mesurer le temps de passage Δt.
Les billes sont récupérées à l'aide d'un superaimant.
Reprendre la manipulation pour les différentes billes.

2.2. Exploitation :

Quelle loi théorique lie Δt à R ?
Quelle courbe proposez-vous de tracer pour vérifier cette loi ?
Déduire de ce tracé la viscosité de la glycérine.
Calculer τ et Re et valider la mesure.

3. Etude de la trainée (1 heure) :

3.1. Dispositif ; étude théorique :

On dispose d'une soufflerie munie d'un tube de Pitot, et associée à une potence permettant la mesure de la trainée. On dispose de plusieurs profils pouvant être fixés à l'extrémité d'un bras de la potence, à une distance d de l'axe de rotation.
L'équilibre du bras est horizontal lorsque la trainée F est nulle (équilibre 1).
Lorsque la trainée F est non-nulle, l'équilibre horizontal (2) est rétabli grâce à un ressort spiral de constante de torsion C, exerçant un couple de rappel $-C.\theta$, θ étant l'angle dont on a tourné ce ressort entre les positions d'équilibre (1) et (2).
La vitesse de l'air est de l'ordre de v = 10 m.s^{-1} ; quel est le régime d'écoulement ?
Comment s'écrit alors la trainée F en fonction du coefficient de trainée C_d, du maitre-couple A, de la masse volumique ρ_f du fluide et de sa vitesse v ?
Montrer qu'on a alors : $C_d.A.\rho_f.v^2.d = 2.C.\theta$.

3.2. Etude de la trainée à vitesse constante : détermination du coefficient de trainée C_d :

Chercher les profils présentant le même maitre-couple.
Mesurer à l'aide d'un pied à coulisse leur diamètre.
Placer l'un de ces profils à l'extrémité du bras de la potence, et équilibrer le système grâce au contrepoids pour que le bras soit horizontal (la soufflerie n'est pas active).
Allumer la soufflerie et régler la vitesse du flux d'air à $v = 10\ m.s^{-1}$ (on placera pour cela le tube de Pitot le plus près possible du centre de la veine d'air, à la hauteur à laquelle se trouvera le profil).
Placer ensuite la soufflerie sous le profil.
En tournant le ressort spirale, rétablir l'équilibre horizontal du bras et mesurer l'angle θ.
Reprendre la manipulation pour les trois autres profils.
Calculer le coefficient de trainée pour les différents profils, avec $d/C = 10^3$ degrés.N^{-1}.

3.3. Etude de la trainée à C_d et A constants : influence de v :
On utilise le profil sphérique.
Mesurer pour différentes valeurs de la vitesse l'angle θ.
Tracer la courbe donnant Ln(θ) en fonction de Ln(v) ; en déduire la forme de la trainée, et comparer au modèle théorique.

3.4. Etude de la trainée à C_d et v constants : influence de A.
On utilise ici les profils de même forme et de taille différentes.
Mesurer pour ces profils l'angle θ, pour v et C_d donnés.
Tracer la courbe permettant de valider le modèle.

Matériel :
Compteur Leybold + tige support
Eprouvette + glycérine
Billes acier + superaimant+ aimant tige.
Chiffon
Soufflerie
Balance de mesure de trainée.

Tables : glycérol	T(°C)	0	20
η		12	1,4